

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
GRAĐEVINSKI FAKULTET OSIJEK

ZAVRŠNI RAD

Osijek, 15. rujna 2017.

Antun Romić

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
GRAĐEVINSKI FAKULTET OSIJEK

ZAVRŠNI RAD

**TEMA: Uloga dizalica topline u podizanju energetske
učinkovitosti obiteljskih kuća**

Osijek, 15. rujna 2017.

Antun Romić

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
GRAĐEVINSKI FAKULTET OSIJEK

ZAVRŠNI RAD

**SUBJECT: Role of heat pumps in raising the energy efficiency of
family houses**

Osijek, 15. rujna 2017.

Antun Romić

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
GRAĐEVINSKI FAKULTET OSIJEK

ZNANSTVENO PODRUČJE: Tehničke znanosti

ZNANSTVENO POLJE: Arhitektura i urbanizam

ZNANSTVENA GRANA: Arhitektonske konstrukcije, Fizika zgrade, Materijali i tehnologija građenja

TEMA: Uloga dizalica topline u podizanju energetske učinkovitosti obiteljskih kuća

PRISTUPNIK: Antun Romić

NAZIV STUDIJA: Preddiplomski sveučilišni studij, opći smjer

TEKST TEME: U završnom radu treba proanalizirati ulogu dizalica topline u podizanju energetske učinkovitosti obiteljskih kuća. Treba prezentirati opće spoznaje o dizalicama topline kao i izvorima topline. U drugom dijelu rada potrebno je prezentirati poboljšanja energetske učinkovitosti u obiteljskim kućama kao i nekoliko primjera projektantske realizacije.

Osijek, 15. lipnja 2017.

Mentor:

Predsjednica Odbora

za završne i diplomske radove:

Izv.prof.dr.sc., Željko Koški,
dipl.ing.arh.

Izv.prof.dr.sc. Mirjana Bošnjak Klečina,
dipl.ing.građ.



Sadržaj

1. Sažetak.....	2
2. Uvod	3
3. Energetska učinkovitost.....	4
4. Općenito o dizalicama topline	6
4.1. Osnove rada dizalice topline	6
4.2. Princip rada toplinske dizalice	7
4.3. Učinkovitost rada toplinske dizalice	8
4.4. Načini rada toplinske dizalice	9
5. Izvori topline za dizalice topline	10
5.1. Tlo kao izvor topline	10
5.2. Zrak kao izvor topline	14
5.3. Voda kao izvor topline	15
5.4. Sunce kao izvor topline	16
6. Botticelli projekt.....	17
7. Primjer poboljšanja energetske učinkovitosti obiteljske kuće.....	18
7.1. Osnovni parametri zgrade	18
7.2. Proračun transmisivskih toplinskih gubitaka	24
7.3. Proračun koeficijenta ukupnih toplinskih gubitaka zgrade	27
7.4. Proračun toplinskih dobitaka zgrade	27
7.5. Proračun potrebne topline za grijanje zgrade	28
7.6. Energetska analiza grijanja.....	29
8. Primjeri projektantske realizacije u obiteljskim kućama.....	30
9. Zaključak	32
10. Literatura.....	33
11. Izvori.....	34



1. Sažetak

Rad započinje kratkim uvodom u energetske učinkovitost zgrada u Hrvatskoj i zakonima koji je obilježavaju. Zatim dolazi poglavlje sa općenitim podacima o dizalicama topline (princip rada, načini rada i učinkovitost toplinskih dizalica), a nakon toga slijedi kratak osvrt na sve izvore topline koje dizalica može koristiti u svome radu (tlo, voda, zrak, sunce). Sljedeće poglavlje bazirano je na primjeni dizalica topline u svrhu poboljšanja energetske učinkovitosti kuće, te nakon kratkog uvoda i stvarnog primjera analizirana je primjena dizalica topline zemlja-voda (sonda) na jednoj obiteljskoj kući u Osijeku. Nakon dobivenih rezultata napravljena je usporedba izvora topline za grijanje navedene kuće između prirodnog plina, loživog ulja i dizalice topline zemlja-voda.



2. Uvod

Čovječanstvo je danas, više nego ikada u svojoj povijesti, suočeno s pitanjima održivoga razvoja, zaštite okoliša te općenito zaštite zdravlja pojedinca.

Ljudi su oduvijek za sve svoje potrebe iskorištavali prirodne resurse i nema sumnje da će tako nastaviti u budućnosti. Samo iskorištavanje prirode nije problem na koji se treba fokusirati. Ono što nas treba zabrinjavati je način na koji se to iskorištavanje provodi. Naime, svima nam je već jasno da resursi koje danas koristimo kao primarni izvor energije jednostavno nisu trajno rješenje te da će ih nešto drugo morati zamijeniti. Ta točka nam se približava sve brže i brže, primarno zbog eksponencijalnog rasta stanovništva na svijetu, ali i zbog posljedica klimatskih promjena koje za sobom lančano vuku druge, teže predvidive promjene koje bi mogle stvoriti velike probleme i nestabilnosti na našem planetu.

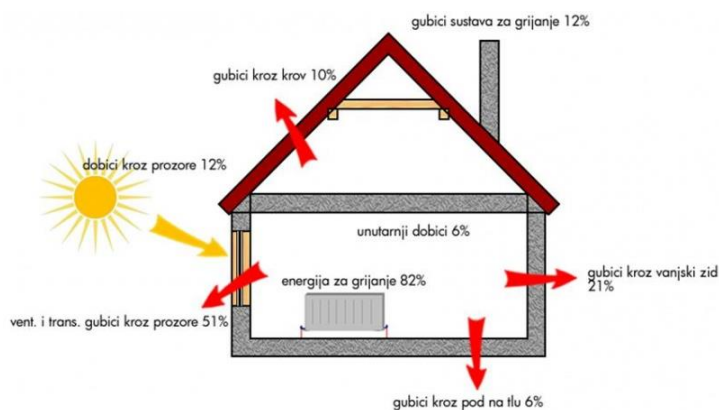
Rješenje ovih problema je već dobro poznat pojam – obnovljivi izvori energije. Već dugi niz godina tehnologija obnovljivih prirodnih resursa napreduje, raste tržište i ponuda strojeva, a samim time padaju i njihove cijene. Jedan od načina na koji pojedinac može iskoristiti besplatnu, obnovljivu energiju prirode za svrhe grijanja ili hlađenja svog vlastitog doma je instalacija sustava zvanog dizalica topline.

Naime, dizalice topline iskorištavaju sunčevu energiju pohranjenu u tlu, vodi ili zraku u svrhu zadovoljavanja naših potreba grijanja ili hlađenja različitih namjena. Prednost dizalica topline u usporedbi sa klasičnim sustavima svakom čovjeku odmah postaje očita čim sazna podatak da od ukupne toplinske energije potrebne za grijanje, hlađenje i pripremu tople vode nekog objekta, toplinske dizalice dobavljaju čak tri četvrtine te energije iz već navedenih toplinskih izvora (tlo, voda i zrak). Zbog te činjenice nam je jasno da možemo očekivati znatne uštede u potrošnji plina, nafte, loživog ulja i ostalih konvencionalnih energenata današnjice. Njihove cijene ovise primarno o ograničenosti zaliha i troškovima njihovog iscrpljivanja, ali i o raspoloživosti istih za neko određeno područje. Također, ta cijena je podobna raznim manipulacijama i spekulacijama na tržištu, stoga postoji velika šansa da će uštede u budućnosti biti čak i veće od predviđenih na početku.

Naposljetku, ali ne i manje važno, korištenjem obnovljivih izvora kao izvora topline ne dolazi do nikakvog zagađenja okoline što je bitna karika za ostvarenje cilja održivog razvoja našeg društva u budućnosti.

3. Energetska učinkovitost

Energetska učinkovitost je suma isplaniranih i provedenih mjera čiji je cilj korištenje minimalne količine energije kako bi sačuvali razinu udobnosti i stopu proizvodnje. Pojednostavljeno, energetska učinkovitost znači uporabiti manju količinu energije (energenata) za obavljanje istog posla (grijanje ili hlađenje prostora, rasvjeta, proizvodnja, pogon itd.). Važno je istaknuti da se energetska učinkovitost nikako ne smije promatrati kao štednja energija. Naime, štednja uvijek podrazumijeva određena odricanja, dok učinkovita uporaba energije nikada ne narušava uvjete rada i življenja. Poboljšanje učinkovitosti potrošnje energije ne podrazumijeva samo primjenu tehničkih rješenja već ona zahtijeva korisnike koji će se njome znati služiti na najučinkovitiji mogući način. Prema tome, možemo reći da je energetska učinkovitost primarno stvar svijesti ljudi i njihove volje za promjenom navika.



Slika 1: Bilanca energije zgrade

Prilikom davanja preporuka za poboljšanje energetske učinkovitosti najprije moramo razmotriti navike potrošača i uputiti ih u smjeru malo odgovornijeg način trošenja energije. Takve su mjere besplatne, no znaju znatno pridonjeti uštedama u objektu. Tek kada je razina svijesti potrošača o potrebi učinkovite uporabe energije razvijena, potrebno je potrošača usmjeriti na nove, tehničke mjere o čijoj će primjeni odlučiti na temelju njihove isplativosti, a čime će se uz energetske podići i ekonomska učinkovitost.

Vlada Republike Hrvatske donijela je 27. ožujka 2014. godine Program energetske obnove obiteljskih kuća za razdoblje od 2014. do 2020. godine (Narodne novine broj 43/14), kojeg provodi Fond za zaštitu okoliša i energetske učinkovitost. Cilj programa je povećanje energetske učinkovitosti postojećih kuća, smanjenje potrošnje energije i emisija CO₂ u atmosferu te smanjenje mjesečnih troškova za energente, uz ukupno poboljšanje kvalitete života.

Energetska učinkovitost u zgradarstvu u nadležnosti je Ministarstva zaštite okoliša, prostornog uređenja i graditeljstva. Zakon o prostornom uređenju i gradnji ("Narodne novine" br. 76/07) navodi uštede energije i toplinsku zaštitu kao jedan od bitnih zahtjeva za građevinu. Isti zakon također navodi da svaka zgrada mora imati svoj certifikat o energetske svojstvima. Energetski certifikat je dokument kojim se iskazuju energetska svojstva zgrade, a njegova osnovna svrha je pružiti vlasnicima i korisnicima zgrada informaciju o energetske svojstvima zgrade. Sektor zgradarstva posebno je značajan kao potrošač energije, jer u ukupnoj potrošnji energije sudjeluje s oko 40%, s prevladavajućim trendom stalnog porasta potrošnje, ali i velikim potencijalom uštede energije u potrošnji za grijanje, pripremi tople vode, klimatizaciji i rasvjeti. Slični certifikati već su godinama obvezni na svim kućanskim električnim uređajima u trgovinama, pa su potaknuli mnoge da razmisle koji uređaj kupiti, te je li po cijeni najjeftiniji uređaj baš i najpovoljniji. Jer mnogi su uistinu veliki, skriveni potrošači električne struje, pa kad se originalnoj cijeni pribroje i troškovi njihova rada, nerijetko postaju najskuplji uređaji u ponudi.

Također, ne smijemo zaboraviti da je republika Hrvatska kroz međunarodne ugovore, kao što su Konvencija o dalekosežnom prekograničnom onečišćenju zraka (CLRTAP) i Okvirna konvencija Ujedinjenih naroda o promjeni klime (UNFCCC), preuzela obvezu praćenja i smanjenja emisija onečišćujućih tvari i stakleničkih plinova u zrak (sumporni dioksid SO_2 , dušični oksidi NO_x , ugljični dioksid CO_2).



Slika 2: Načini poboljšanja energetske učinkovitosti objekta koji su sufinancirani putem Europskih fondova

4. Općenito o dizalicama topline

4.1. Osnove rada dizalice topline

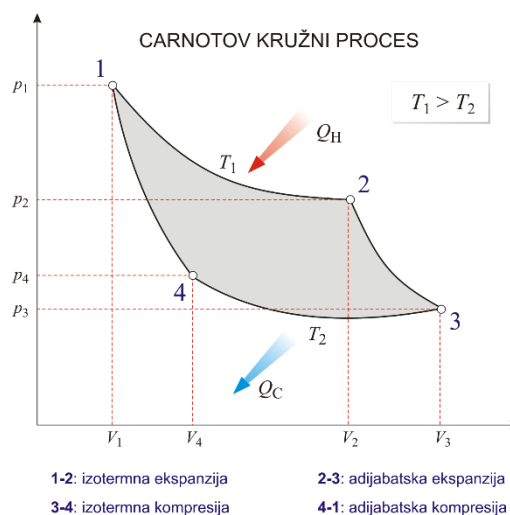
Način rada toplinske dizalice je vrlo sličan načinu rada kućnog hladnjaka. Oni se razlikuju u tome što hladnjak uzima toplinu namirnicama i predaje je okolini dok toplinska dizalica uzima toplinu iz zraka, vode ili zemlje te je prenosi u prostor koji trebamo zagrijati.

Toplinska dizalica je sustav baziran na lijevokretnom Carnotovom kružnom procesu koji toplinu u stroju pretvara u rad, pri čemu se koristi idealan plin, ovisno o traženim temperaturama. Carnotov ciklus je kružni proces s najvišim stupnjem korisnosti, odnosno najveći dio primljene energije pretvara u rad, te najveći dio rada iskorištava za dizanje topline.

Sustav koji radi po Carnotovom kružnom ciklusu naziva se hipotetičkim Carnotovim toplinskim motorom. Toplinski motor prenosi energiju iz toplijeg (ogrjevnog) spremnika u hladniji (rashladni) spremnik, te pritom dio te energije pretvara u mehanički rad. Obrtanjem ovog ciklusa, tj. dovodom rada izvana, postizemo da se sustav ponaša kao dizalica topline.

Bitno je spomenuti da je realizacija lijevokretnog kružnog procesa u dizalicama topline moguća samo ako su nam dostupna dva toplinska spremnika različitih temperatura:

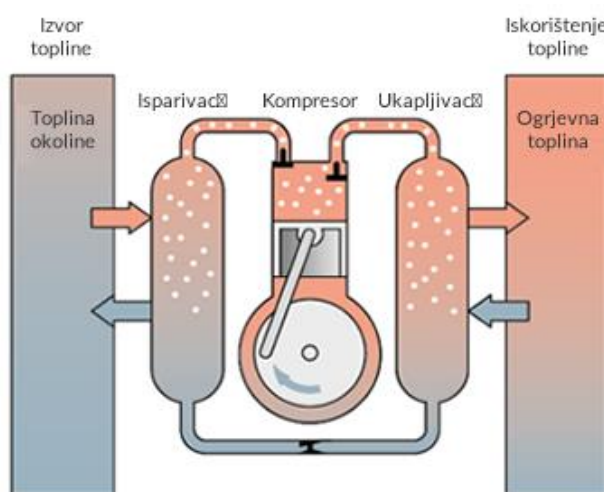
- toplinski spremnik niže temperature (toplinski izvor): toplinski spremnik koji predaje toplinu dizalici topline, najbolji izvori su: voda (rijeka, podzemna voda, more, jezero), tlo, sunčeva energija, zrak okoliša, zrak iz drugih prostorija te otpadna toplina u industrijskim procesima
- toplinski spremnik više temperature (toplinski ponor): toplinski spremnik kojemu dizalica topline predaje toplinu, najčešće su : zrak u grijanim prostorima, potrošna topla voda, voda koja se koristi u industrijskim procesima itd.



Slika 3: Prikaz Carnotovog kružnog procesa

4.2. Princip rada toplinske dizalice

- 1) Radni medij koji cirkulira u sustavu, prenosi i transportira toplinu.
- 2) U isparivaču tekuće medij počinje isparivati već pri vrlo niskim temperaturama te pritom akumulira preuzetu energiju okoline. Agregatno stanje se mijenja iz tekućeg u plinovito.



Slika 4: Princip rada toplinske dizalice

- 3) Medij zatim ulazi u kompresor gdje se tlači pod stalnim pritiskom koji generira kompresor pretvorbom električne energije. Temperatura medija znatno raste.
- 4) Strujanje se nastavlja dalje prema ukapljivaču (kondenzatoru), gdje se dobivena toplina okoline prenosi na sustav grijanja. Agregatno stanje prelazi iz plinovitog ponovno u tekuće.
- 5) Radni medij, nakon sniženja tlaka i temperature preko ekspanzijskog ventila, može ponovno preuzeti toplinu iz okoline, pa tako kružni proces započinje iznova.



4.3. Učinkovitost rada toplinske dizalice

Učinkovitost toplinske dizalice opisuje se toplinskim množiteljem ε_{gr} ili faktorom grijanja (COP - coefficient of performance). On nam pokazuje omjer dobivene (toplinske) energije i uložene (električne) energije za rad dizalice. Recimo da je neka dizalica označena sa COP 4. To nam govori da ona proizvodi 4 kWh energije za svaki kWh uložene energije. Toplinske dizalice na električni pogon dobivaju otprilike $3/4$ energije iz okoline, a ostalih $1/4$ čini uložena električna energija.

Učinkovitost rada dizalice topline, izražena pomoću koeficijenta grijanja COP, primarno ovisi o svojstvima toplinskog izvora iz koje uzima energiju. Naime, postoji nekoliko zahtjeva koje toplinski izvor treba ispunjavati kako bi se osigurala dobra učinkovitost rada dizalice topline:

- dovoljna količina topline u toplinskom izvoru pri što većim temperaturama i njena dostupnost kroz cijelu sezonu grijanja
- energija potrebna za prijenos topline izvora do isparivača dizalice topline treba biti što manja
- troškovi priključivanja dizalice topline na izvor trebaju biti što manji

Također, kako bismo postigli najveću moguću učinkovitost, bitno je projektirati sustav tako da minimiziramo udaljenost između dva toplinska spremnika kako bi došlo do što manjih gubitaka topline, te da pazimo na održavanje umjerenosti temperature toplinskog spremnika više temperature (toplinskog ponora) radi smanjenja potrošnje energije potrebne za pogon dizalice.

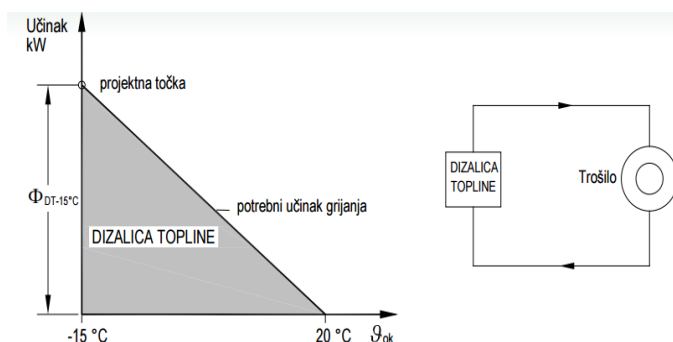
Za proračun i dimenzioniranje susatav grijanja sa dizalicom topline koristi se godišnji toplinski množitelj SPF (engl. Seasonal performance factor).

4.4. Načini rada toplinske dizalice

Monovalentni način rada

Ovaj način rada dizalice topline podrazumijeva da isključivo dizalica topline obavlja sve potrebe objekta u sustavu grijanja i tople vode tijekom sezone grijanja. Monovalentni način rada je moguć jedino ako je toplinski izvor raspoloživ u cijelom razdoblju

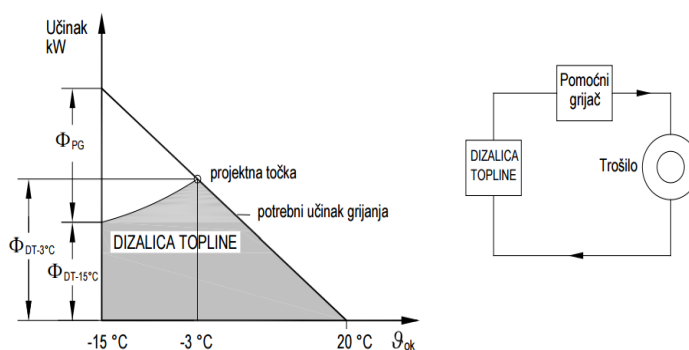
sezone grijanja. Velika prednost monovalentnog načina rada je manje zauzimanje prostora ,tj. nema potrebe za plinskom instalacijom, dimnjakom ili spremnikom loživog ulja.



Slika 5: Dijagram monovalentnog načina rada dizalice topline

Bivalentno-usporedni način rada

Pri ovom načinu rada, padom vanjske temperature zraka u sezoni grijanja do određene točke (točka uključivanja), uključuje se paralelno još jedan toplinski izvor (npr. plinski bojler) koji zatim zajedno sa dizalicom dijeli odgovornost o toplinskim potrebama objekta.

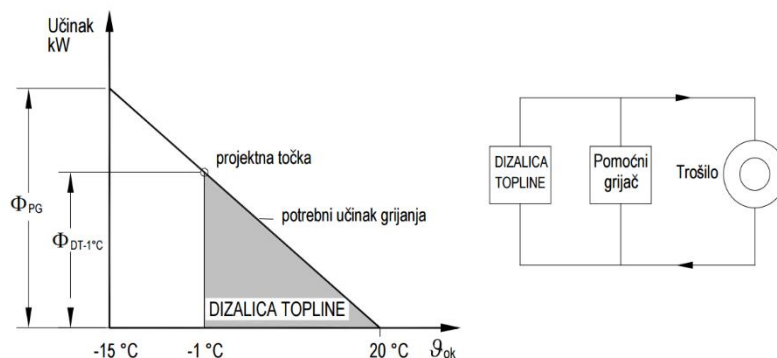


Slika 6: Dijagram bivalentno-usporednog načina rada dizalice topline

Kod djelomično bivalentno-usporednog načina dodatni toplinski izvor se isključuje kada postigne određenu točku (točku isključivanja). Te dvije točke su određene temperaturom toplinskog izvora i ponora, ali i vremenom djelovanja jeftinije tarife električne energije. Ovakav način rada je popularan u slučajevima gdje postoji mogućnost zadržavanja postojećeg uređaja dodatnog izvora topline. Najveća prednost ovakvog sustava je njegova sigurnost jer se za grijanje ne oslanjamo na samo jedan izvor topline već dva.

Bivalentno-alternativni način rada

Ovakav način rada dizalice topline znači da u određenom trenutku u sezoni grijanja (bivalentnoj točki) dodatni izvor topline preuzima sve toplinske potrebe objekta, a dizalica topline se isključuje. Bivalentna točka jednaka je nekoj vrijednosti niske vanjske temperature zraka.

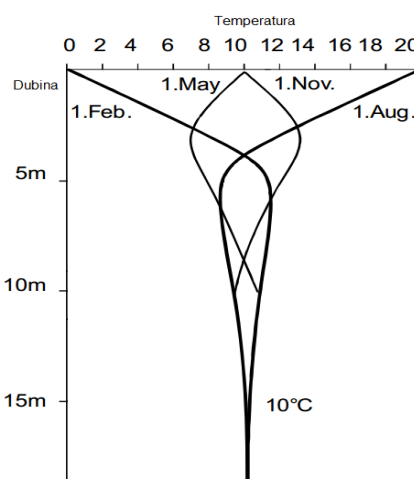


Slika 7: Dijagram bivalentno-alternativnog načina rada dizalice topline

5. Izvori topline za dizalice topline

5.1. Tlo kao izvor topline

Energija u tlu potječe najvećim dijelom od Sunčeve energije dobivene zračenjem i padalinama, dok manji dio čini geotermalna energija naše planete. Količina iskoristive topline, a time i veličina potrebne površine, najviše ovise o termofizikalnim svojstvima tla. Među svojstvima tla najbitniji je udio vode i minerala, te udio i veličina zrakom ispunjenih pora. Pojednostavljeno se može reći da su svojstva akumuliranja i sposobnost vođenja topline proporcionalni količini vode i mineralnih sastojaka, a obrnuto proporcionalni poroznosti. Najveća prednost zemlje u ulozi izvora topline je to što temperatura ima relativno male varijacije već na dubini

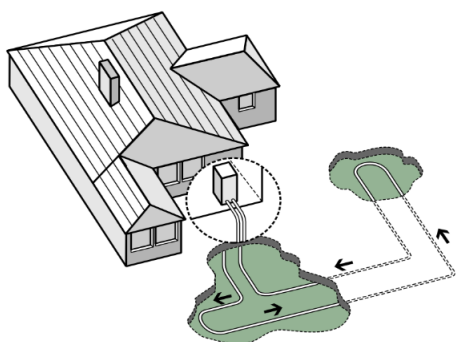


Slika 8: Odnos dubine i temperature u tlu

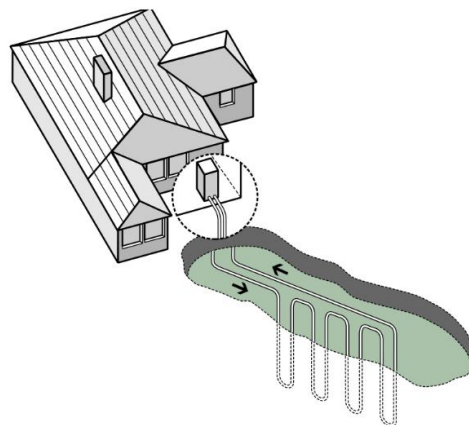
od 2m (kreće se od 7 do 13°C) dok na dubini od oko 17m postaje gotovo konstantna (10°C) što nam uvelike olakšava projektiranje cijelog sustava.

Toplinske dizalice koje koriste toplinsku energiju tla za sustav grijanja objekta nazivaju se dizalice tlo-voda. U ljetnom režimu rada u kojemu je potrebno hladiti prostore objekta, preokretanjem radnog procesa tj. promjenom smjera odvijanja procesa one mogu oduzimati toplinu zraku u hlađenim prostorima i predavati je tlu. Iako se ove toplinske dizalice primarno koriste za grijanje i hlađenje, one se također mogu upotrijebiti i za pripremu potrošne tople vode. Kao posredni medij bitno je koristiti glikolne smjese ili rasolinu (smjesa soli i vode) zbog niskog ledišta što onemogućuje smrzavanje u cijevima sustava te osigurava bolji i sigurniji protok medija.

Postoje dva načina na koji se može izvesti izmjena topline između slojeva tla i posrednog medija sustava: putem podzemnih toplinskih kolektora (horizontalno) ili podzemnih toplinskih sondi (vertikalno).



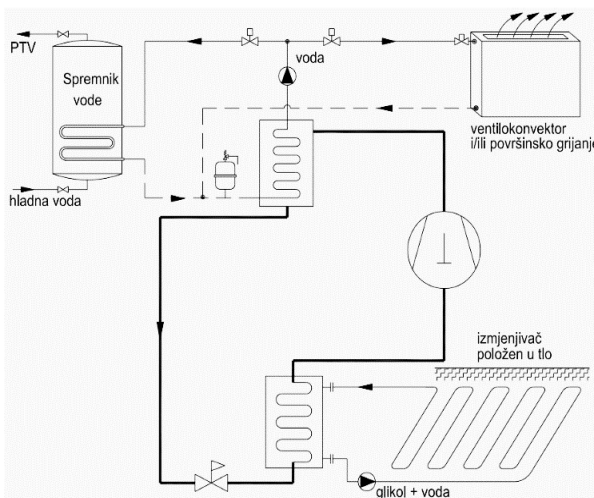
Slika 9: Prikaz horizontalne izvedbe izmjene topline kod dizalice zemlja-voda



Slika 10: Prikaz vertikalne izvedbe izmjene topline kod dizalice zemlja-voda

Horizontalna izvedba

Ovakva izvedba zahtijeva niže investicijske troškove od vertikalne, ali se rijetko koristi zbog potrebe velike slobodne površine za ugradnju kolektora. Potrebna slobodna površina je u prosjeku otprilike dvostruko veća od grijane površine objekta. Ovaj način se uglavnom primjenjuje u seoskim sredinama gdje površina za ugradnju ne predstavlja problem. U ovom sustavu koristi se snop vodoravnih cijevi položenih na dubini od 1,2 -1,5 m, s međusobnim razmakom cijevi od 0,4-0,7 m, ovisno o sastavu i vrsti tla. Promjer korištenih polietilenskih cijevi najčešće iznosi 25 ili 32 mm. Nakon što se napune medijem i stave pod pritisak, cijevi se zatrpavaju zemljom. Površina ispod koje su položene cijevi ne smije se asfaltirati, te je poželjno da u potpunosti bude izložena utjecaju Sunca i oborina. Moguće je polaganje "kocki" ali u manjem obujmu (npr. staze). Unutar površine za kolektore nikako se ne smiju polagati cijevi za opskrbu pitkom vodom zbog efekta smržavanja. Učinak izmjenjivača topline ovog sustava kreće se u granicama od 15 do 35 W/m², a najoptimalnije uvjete ima glineno tlo i tlo s podzemnim vodama.



Slika 11: Shema horizontalne izvedbe izmjene topline kod dizalice zemlja-voda

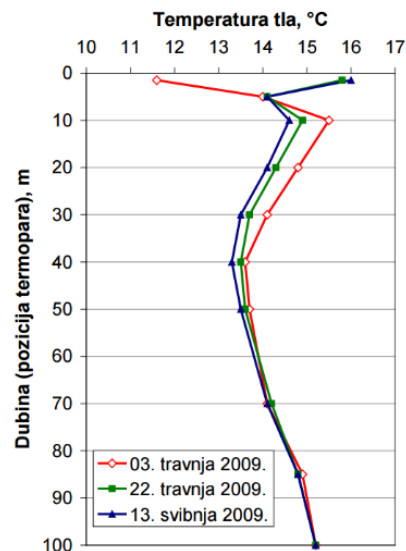


Slika 12: Polaganje horizontalnih kolektora u tlo

Vertikalna izvedba

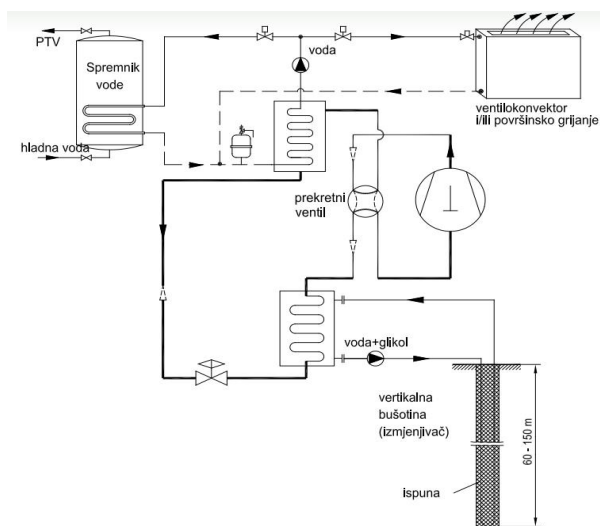
Ovaj sustav se koristi u gusto naseljenim područjima gdje je površina zemlje oskudna, te pogotovo na mjestima gdje je okoliš uređen jer ugradnjom sonde ne dolazi do značajnih promjena u izgledu terena.

Kod vertikalne izvedbe izmjenjivača topline izvode se dubinska bušenja na dubine 60 -100 m (nakon 50 metara dubine, temperatura raste sve do 100 m; izmjerena temperatura tla na dubini 50 m iznosi oko 13,5°C, dok je na dubini 100 m oko 15,2°C). U bušotine se kao i kod horizontalne izvedbe polažu polietilenske cijevi promjera 32 ili 40 mm. Promjer bušotine naravno ovisi o promjeru samih cijevi, ali i o sastavu tla, a najčešće su 140-165 mm. Kod ovog sustava primarni izvor energije prestaje biti direktno zračenje Sunca, kao kod horizontalne izvedbe, već ga zamjenjuje geotermalna energija Zemljane kore. Koliko



Slika 13: Varijacije u temperaturi tla do 100m dubine

se topline može oduzeti tlu opet ovisi o njegovom sastavu i vlažnosti, te mjestu polaganja sonde. Prostor između tla i cijevi u bušotinama ispunjava se suspenzijom bentonit-cement-voda. Ova smjesa je potrebna radi ostvarenja kvalitetnog prijenosa topline sa zemlje na sondu. Površina

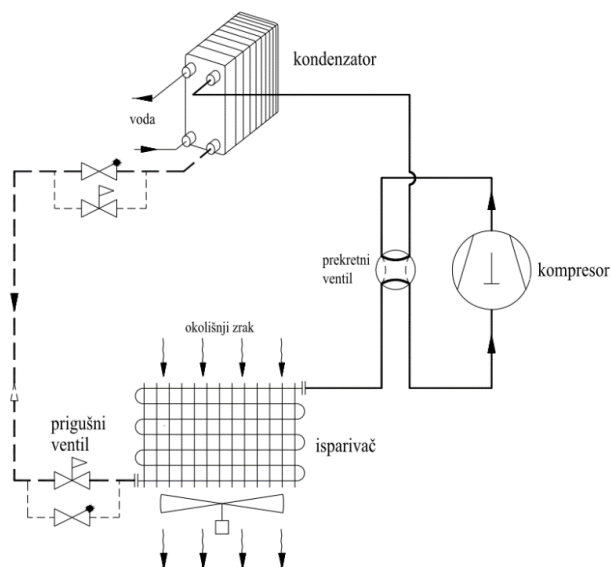


Slika 14: Shema vertikalne izvedbe izmjene topline kod dizalice zemlja-voda

iznad bušotina nema posebnih ograničenja i može se asfaltirati, jer njen izvor energije više nije ovisan o direktnom zračenju Sunca. Prosječni godišnji toplinski učinak kreće se od 35 - 100 W/m, a kao okvirna proračunska veličina može se uzeti 50 W/m. Na osnovu ovog podatka možemo izračunati ukupnu dužinu bušenja tj. broj bušotina.

5.2. Zrak kao izvor topline

Toplinske dizalice koje koriste zrak nazivaju se toplinske dizalice zrak-voda, vrlo su raširena pojava i u uporabi su diljem svijeta upravo zbog velike raspoloživosti svog toplinskog izvora. Najveća prednost nad dizalicama toplina sa tlom kao izvorom topline je to što zauzimaju puno manje prostora te nije potrebno izvoditi nikakve zemljane radove koji znatno povećavaju investiciju. Ove dizalice se koriste za niskotemperaturno grijanje prostora – temperatura polazne vode do 55°C za grijanje i do 7°C za hlađenje. Veliki nedostatak zraka kao izvora topline su relativno velike varijacije temperature vanjskog zraka tijekom sezone grijanja. Smanjivanjem temperature okoline smanjuje se toplinski množitelj (COP) i ogrjevni učinak dizalice topline, te je u većini slučajeva obavezna primjena dodatnog izvora grijanja. Također, bitno je napomenuti da dolazi i do problema zaleđivanja isparivača (već od 2°C do -5°C), a naslage leda su najveće pri temperaturi zraka oko 0°C (odležavanje isparivača se provodi svakih 1,5 do 2 sata). Na osnovu ovih podataka i dosadašnjeg iskustva u uporabi ovakvih dizalica topline, smatra se da je ugradnja ekonomski opravdana u slučajevima do -5°C vanjske temperature, a daljnje padanje uvjetuje priključak dodatnog izvora topline poput ulja, plina ili električne energije.



Slika 15: Shema rada dizalice topline sa zrakom kao izvorom topline

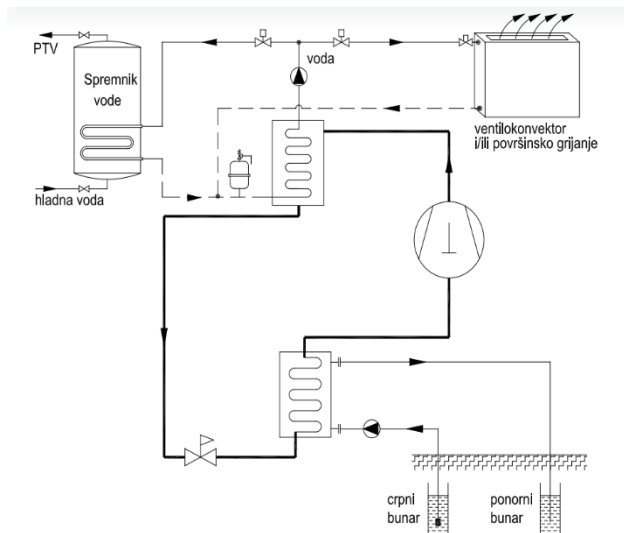


Slika 16: Vanjska jedinica toplinske dizalice zrak-voda

5.3. Voda kao izvor topline

Podzemne vode

Velika prednost ovih dizalica je što se temperatura podzemnih voda kreće od 8 do 12 °C tijekom cijele godine što im omogućuje postizanje visokih vrijednosti koeficijenta grijanja (3,5-4). Sustav se sastoji od dva bunara (promjer 220 mm ili više): upojnog i usisnog. Iz usisnog se bunara pomoću dubinske pumpe crpi voda i transportira do toplinske pumpe, a zatim se kroz drugi cijev odvodi u drugi, tzv. upojni bunar (bunari moraju biti udaljeni minimalno 10 m jedan od drugog).

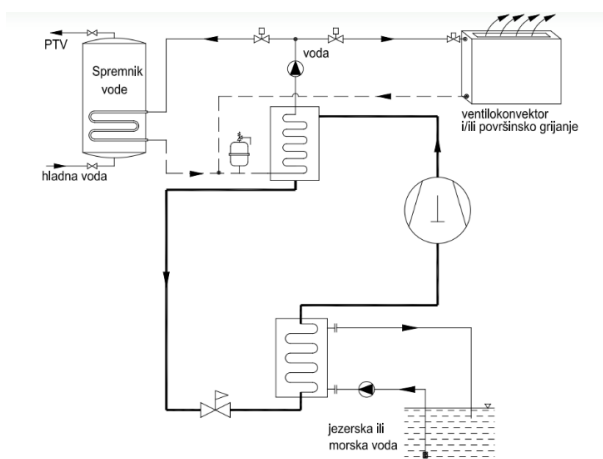


Slika 17: Prikaz rada dizalice topline sa podzemnom vodom kao izvorom topline

Potopljena crpka ugrađuje se obično do dubine 20-30 m kako bi se smanjili pogonski troškovi. Također, vrlo je bitno da kvaliteta podzemne vode odgovara uvjetima kvalitete koju je predvidio proizvođač dizalice topline, kako ne bi došlo do neželjene korozije ili drugih anomalija u radu dizalice.

Površinske vode

Ovaj izvor topline ograničen je samo na mali broj objekata koji se nalazu u blizini jezera, rijeke, potoka ili mora jer su troškovi investicije jednostavno previsoki i nerealni za udaljenije potrošače. Bitno je spomenuti da je za iskorištavanje površinskih voda posebno posjedovati dozvolu što je često limitirajući faktor u ovim projektima. Temperature površinskih voda se uglavnom kreću od 0°C do 10°C, a koristiti se uobičajeno



Slika 18: Shema rada dizalice topline sa površinskom vodom kao izvorom topline

moгу pri temperaturama višim od 4 °C. Niže temperature smanjuju toplinski množitelj i dovode u pitanje ekonomičnost rada dizalice.

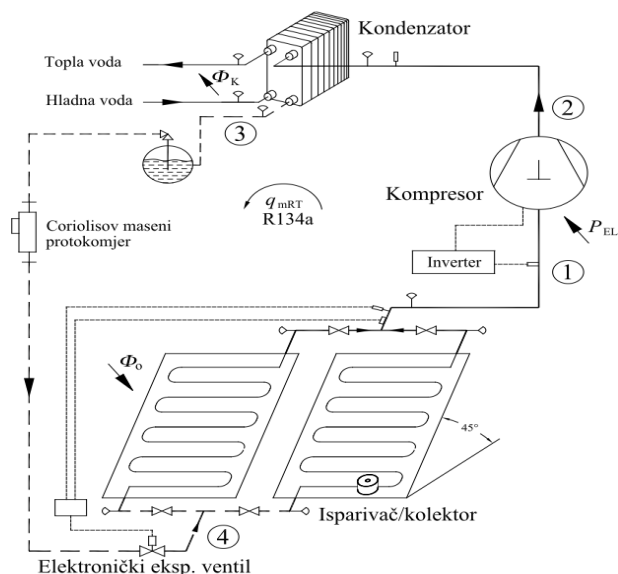
Za posredni medij obično se uzima voda ili pri nižoj temperaturi glikolna mješavina. Jezera, zbog veće temperature vode uglavnom smatramo boljim izvorom topline od rijeka. Kod dovoljno velikih jezera i na dovoljnoj dubini (oko 20 -30 m) temperatura vode u vrijeme sezone grijanja ne pada ispod 5 °C.



Slika 19: Potapanje kolektora toplinske dizalice u jezero

5.4. Sunce kao izvor topline

Solarne dizalice topline sa direktnim isparavanjem koriste solarni kolektor u svrhu isparivača. Upotrebom toplinske energije Sunca postižu se više temperature isparavanja radnog medija te nema opasnosti od smrzavanja što uvjetuje veći rashladni učinak isparivača, a samim time i veće vrijednosti toplinskog množitelja. Te vrijednosti najviše ovise o intenzitetu Sunčeva zračenja i vanjskoj temperaturi zraka. Osim osnovnih dijelova dizalice topline, ova dizalica je opremljena i mjerilima relevantnih veličina koje se preko programskog sustava pohranjuju na računalu. U usporedbi sa klasičnim kolektorskim sustavom, kod sustava koji uključuje dizalicu topline učinkovitost kolektora i kapacitet uređaja rastu zahvaljujući nižoj temperaturi medija u solarnom kolektoru.



Slika 21: Shema rada solarne dizalice topline



Slika 20: Prototip mobilne solarne dizalice DX-SAHP

6. Botticelli projekt

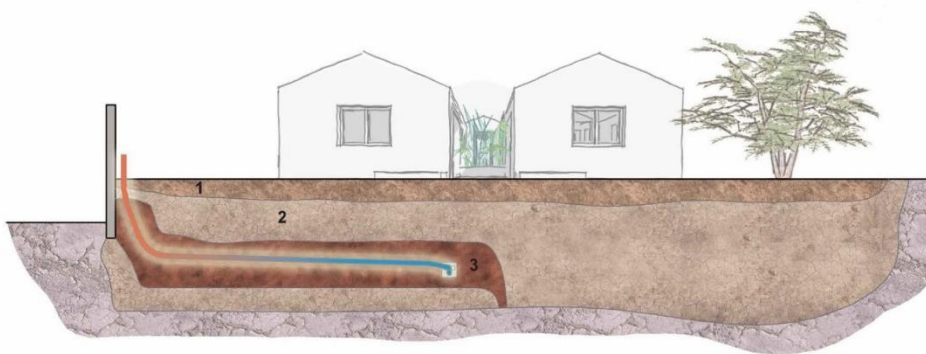
Botticelli projekt je gotovo nulta energetska kuća sagrađena do standarda pasivne kuće u selu Mascallucia na Siciliji. To je prva zgrada koja usvaja principe pasivne kuće u klimi južnog mediterana. To je isto tako, prva pasivna kuća sagrađena u Siciliji koja je postala prva aktivna kuća s pozitivnoj energetske bilancem.

Niske energetske potrebe ove zgrade, pokrivene su proizvodnjom iz obnovljivih izvora energije na parceli, kroz solarne panele, toplinske izmjene u mehaničkom sustavu toplinske izolacije te putem visoko učinkovite dizalice topline zemlja-zrak. Naime, na području Mascallucije, zemlja na dubini od samo nekoliko metara zadržava konstantnu temperaturu od 14°C tokom cijele godine.



Slika 22: Botticelli aktivna kuća, Sicilija

U ovom slučaju dizalica je korištena za grijanje i hlađenje kuće. Ovakav sustav preuzima vanjski zrak te ga šalje ispod kuće u ventilacijske bunare gdje zrak putuje nekoliko metara pa se tako zimi zagrijava a ljeti hladi prije ulaska u objekt. Time su osigurane znatne energetske uštede bez povećanja u cijeni.



Slika 23: Sustav grijanja kuće toplinskom dizalicom zemlja-zrak

7. Primjer poboljšanja energetske učinkovitosti obiteljske kuće

U ovom poglavlju izvršen je proračun toplinskih gubitaka i toplinskih dobitaka jedne fiktivne obiteljske kuće prema dokumentaciji zadanoj za semestralni rad iz kolegija Elementi visokogradnje 1 i Elementi visokogradnje 2. (Prilozi 1-4)

Proračunom će biti dobivena potrebna toplinska energija za grijanje kuće, a zatim slijedi energetska analiza i usporedba promatranih načina grijanja (prirodni plin, loživo ulje, toplinska dizalica zemlja-voda) po energetskej i ekološkoj učinkovitosti.

7.1. Osnovni parametri zgrade

Lokacija zgrade: Osijek, Osječko-baranjska županija

Vrsta zgrade: SZ1 - Zgrade s jednim stanom i stambene zgrade u nizu s jednim stanom

Namjena zgrade: Jednoobiteljske stambene zgrade

Etažnost: Podrum + Prizemlje + Potkrovlje



Geometrijski parametri:

Oplošje grijanog dijela zgrade A (m²): **123,53**

Obujam grijanog dijela zgrade V_e (m³): **135,31**

Faktor oblika zgrade f_o (m⁻¹): **0,91**

Ploština korisne površine zgrade A_k (m²): **43,30**

Visina etaže: 2,91 m

Meteorološki parametri:

Meteorološka postaja: Osijek

mjesec	srednja mjesečna temperatura vanjskog zraka $\Theta_e (^{\circ}\text{C})$	srednja vanjska vlaga (%)
siječanj	0,2	88
veljača	2,2	81
ožujak	6,5	74
travanj	12	71
svibanj	17,5	69
lipanj	20,6	71
srpanj	22,1	69
kolovoz	21,7	71
rujan	16,3	77
listopad	11,6	79
studen	6,3	85
prosinac	1,1	89

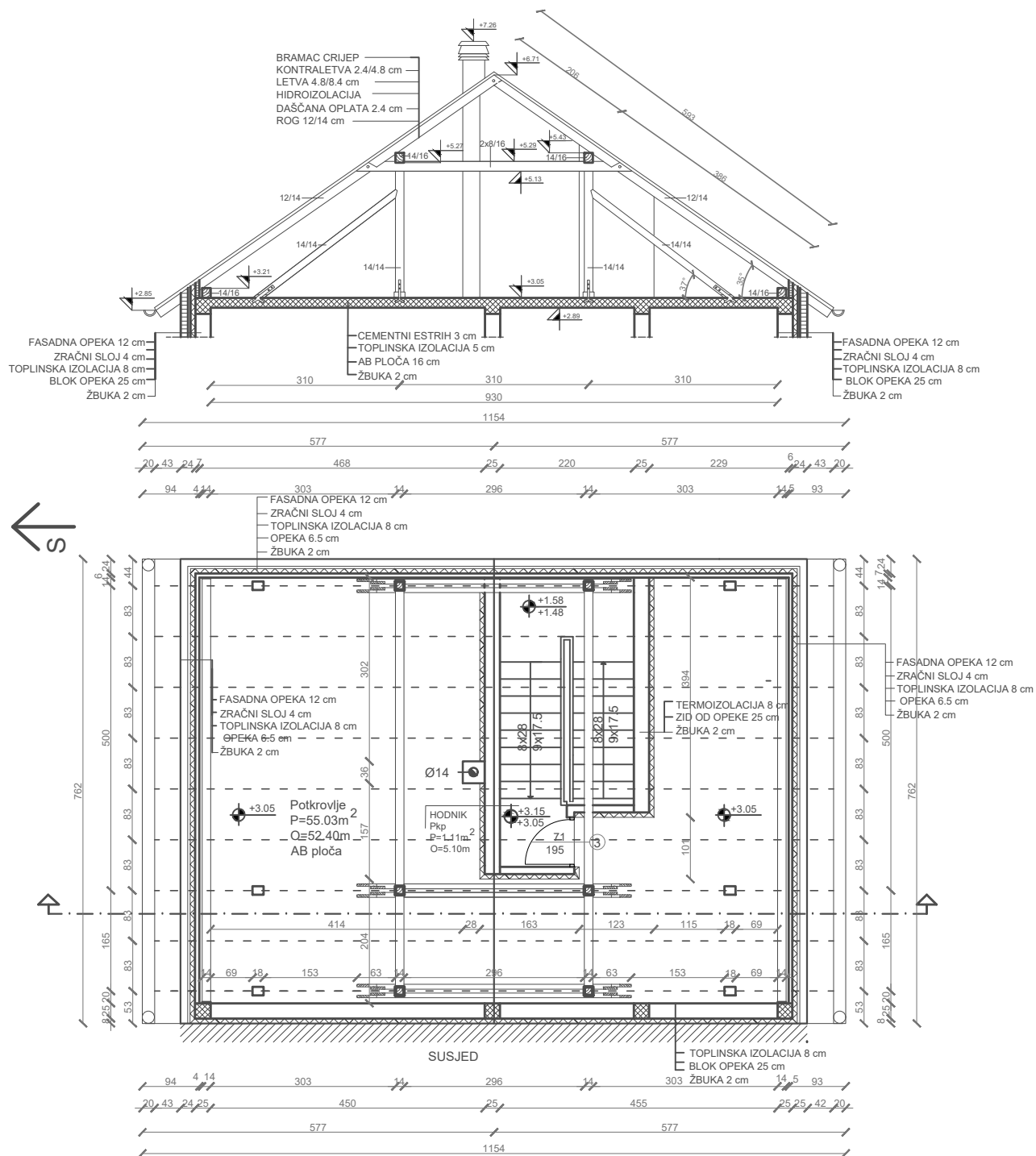
Unutarnja projektna temperatura grijanja: $\Theta_{\text{int,set,H}} = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$

Broj izmjena zraka: $n = 0,5\text{ (h}^{-1}\text{)}$

Srednja mjesečna temp. vanjskog zraka najhladnijeg mjeseca: $\Theta_{\text{e,mj,min}} = 0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$

Srednja mjesečna temp. vanjskog zraka najtoplijeg mjeseca: $\Theta_{\text{e,mj,max}} = 22,1\text{ }^{\circ}\text{C}$

Udio ploštine prozora u ukupnoj ploštini pročelja f (%): 15,12



GRAĐEVINSKI FAKULTET OSIJEK

ZAVRŠNI RAD

Tlocrt potkrovlja obiteljske kuće

Izrađeno: 24.06.2017

MJ 1:100

Broj priloga: 3

Primljeno:
Mentor: Izv.prof. dr.sc.
Željko Koški, dipl.ing.arh.

Pristupnik: Antun Romić

LEGENDA:

A

FINALNI SLOJEVI 8 cm
GORNJA BETONSKA PODLOGA 6 cm
HIDROIZOLACIJA 1 cm
DONJA BETONSKA PODLOGA 8 cm
NABOJ ŠLJUNKA 10 cm

B

TERMOIZOLACIJA 8 cm
BETONSKI ZID 25 cm
ŽBUKA 2 cm

C

BETONSKI ZID 25 cm
HIDROIZOLACIJA 1 cm
FASADNA OPEKA 6.5 cm

D

KERAMIČKE PLOČICE 2 cm
BETONSKA PODLOGA 3 cm
AB PLOČA 16 cm
NABOJ ŠLJUNKA 10 cm

E

ŽBUKA 2 cm
OPEKA 25 cm
TOPLINSKA IZOLACIJA 8 cm
ZRAČNI SLOJ 4 cm
FASADNA OPEKA 12 cm

F

KERAMIČKE PLOČICE 1 cm
BETONSKA PODLOGA 4 cm
HIDROIZOLACIJA 1 cm
ZVUČNA IZOLACIJA 2 cm
AB PLOČA 16 cm
ŽBUKA 2 cm

G

TOPLINSKA IZOLACIJA 8 cm
BLOK OPEKA 25 cm
ŽBUKA 2 cm

H

ŽBUKA 2 cm
ZID OD OPEKE 12 cm
ŽBUKA 2 cm

I

SLOJEVI PODA 10 cm
AB PLOČA 16 cm
ŽBUKA 2 cm

J

CEMENTNI ESTRIH 3 cm
TOPLINSKA IZOLACIJA 5 cm
AB PLOČA 16 cm
ŽBUKA 2 cm

K

TERMOIZOLACIJA 8 cm
ZID OD OPEKE 12 cm
ŽBUKA 2 cm

L

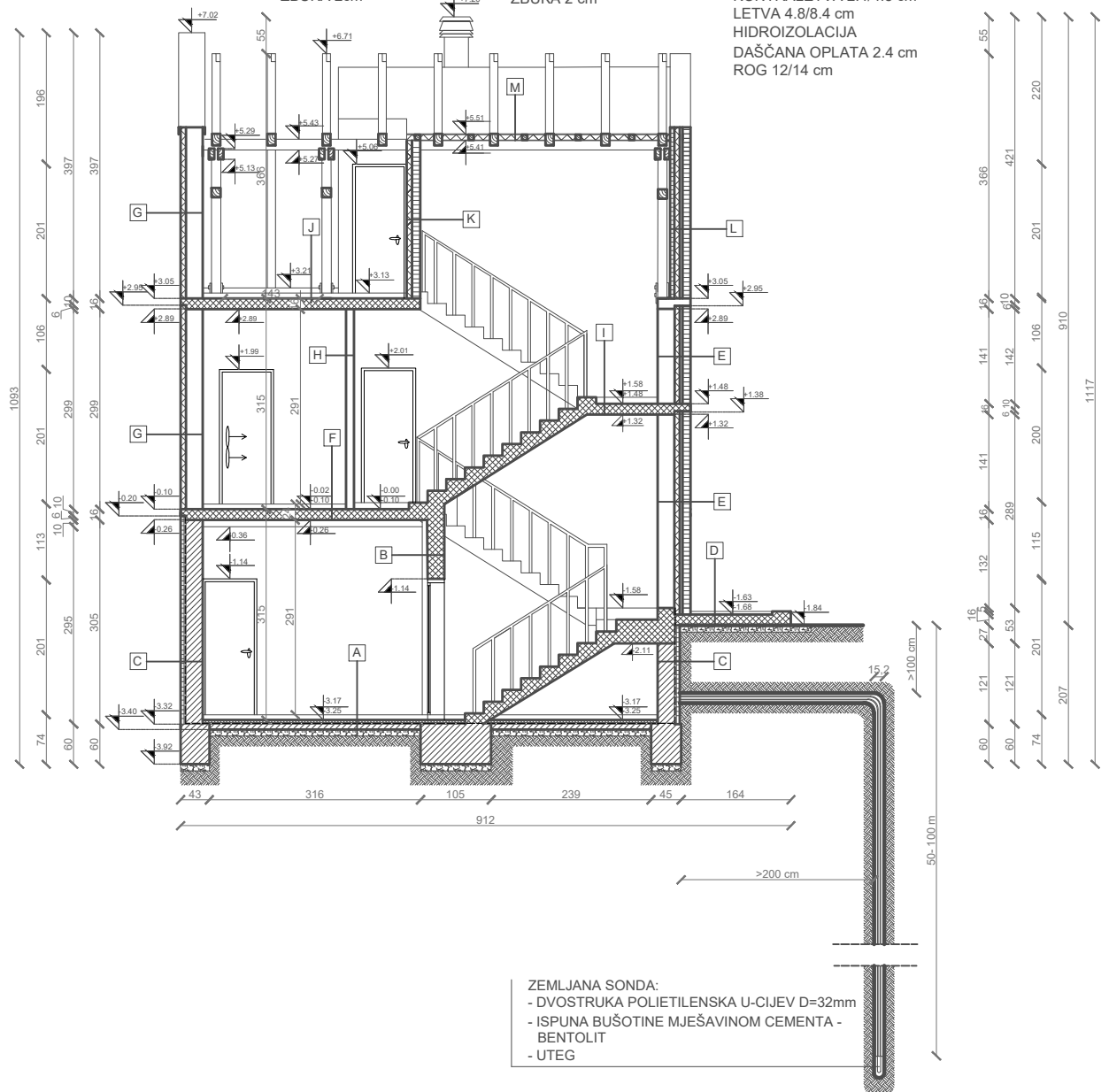
ŽBUKA 2 cm
OPEKA 6.5 cm
TOPLINSKA IZOLACIJA 8 cm
ZRAČNI SLOJ 4 cm
FASADNA OPEKA 12 cm

M

GIPS KARTONSKA PLOČA 1.25 cm
TOPLINSKA IZOLACIJA 5 cm
GIPS KARTONSKA PLOČA 1.25 cm

N

BRAMAC CRIJEP
KONTRALETVA 2.4/4.8 cm
LETVA 4.8/8.4 cm
HIDROIZOLACIJA
DAŠČANA OPLATA 2.4 cm
ROG 12/14 cm



GRAĐEVINSKI FAKULTET OSIJEK

ZAVRŠNI RAD

Presjek obiteljske kuće A-A

Izrađeno: 24.06.2017

MJ 1:100

Broj priloga: 4

Primljeno:
Mentor: Izv.prof. dr.sc.
Željko Koški, dipl.ing.arh.

Pristupnik: Antun Romić

7.2. Proračun transmisijskih toplinskih gubitaka

Građevni dijelovi grijanog prizemlja obiteljske kuće

Naziv građevnog dijela
 a2 Vanjski zid

Dodaj sloj Ubaci Uredi Briši Udvostruci Okreni za 180° Isključi/uključi Kopiraj iz grad.dijela U Excel

sloj	naziv	debljina (cm)	prov. topl. - lambda (W/mK)
1	Vapnena žbuka i mortovi	2,0000	0,810
2	blok opeka za nosive zidove (1000)	25,0000	0,450
3	Staklena ili kamena vuna (MW)	8,0000	0,041
4	Zrak	4,0000	0,025
5	1.06 - puna fasadna opeka od gline (1600)	12,0000	0,700

Koeficijent prolaska topline 51,0000

Kondenzacija Graf Komentar

Otpor prolasku topline i koeficijent prolaska topline prema HRN EN ISO 6946:1996

Koeficijent prolaska topline, U (W/m²K) Izračunati 0,22 Dozvoljeni 0,30

Otpor prolasku topline, R (m²K/W) 4,47

Plošna masa, m (kg) 482,04 ☐ Građevni dio ima plošnu masu manju od 100kg/m²

Ispravak koeficijenta prolaska topline, ΔU (W/m²K) 0

Građevni dio ZADOVOLJAVA zahtjev za koeficijent prolaska topline!

Građevni dio ZADOVOLJAVA zahtjev za dinamičku toplinsku karakteristiku!

Slika 24: Proračun koeficijenta prolaska topline vanjskog zida

Naziv građevnog dijela
 a2 Zid prema stubištu

Dodaj sloj Ubaci Uredi Briši Udvostruci Okreni za 180° Isključi/uključi Kopiraj iz grad.dijela U Excel

sloj	naziv	debljina (cm)	prov. topl. - lambda (W/mK)
1	Prod. vapnena žbuka i mortovi (1700)	2,0000	0,850
2	1.07 - šuplja fasadna opeka od gline (1200)	12,0000	0,550
3	Prod. vapnena žbuka i mortovi (1700)	2,0000	0,850

Koeficijent prolaska topline 16,0000

Kondenzacija Graf Komentar

Otpor prolasku topline i koeficijent prolaska topline prema HRN EN ISO 6946:1996

Koeficijent prolaska topline, U (W/m²K) Izračunati 1,13 Dozvoljeni 0,40

Otpor prolasku topline, R (m²K/W) 0,88

Plošna masa, m (kg) 212,00 ☐ Građevni dio ima plošnu masu manju od 100kg/m²

Ispravak koeficijenta prolaska topline, ΔU (W/m²K) 0

Toplinska otpornost negrijane prostorije na koju graniči građevni dio, R_n (W/m²K) 0,36

Građevni dio NE zadovoljava zahtjev za koeficijent prolaska topline!

Slika 25: Proračun koeficijenta prolaska topline pregradnog zida prema stubištu

Naziv građevnog dijela
 a2 Zid prema stubištu 25 cm

Dodaj sloj Ubaci Uredi Briši Udvostruci Okreni za 180° Isključi/uključi Kopiraj iz grad.dijela U Excel

sloj	naziv	debljina (cm)	prov. topl. - lambda (W/mK)
1	Prod. vapnena žbuka i mortovi (1700)	2,0000	0,850
2	blok opeka za nosive zidove (1000)	25,0000	0,450
3	Prod. vapnena žbuka i mortovi (1700)	2,0000	0,850

Koeficijent prolaska topline 29,0000

Kondenzacija Graf Komentar

Otpor prolasku topline i koeficijent prolaska topline prema HRN EN ISO 6946:1996

Koeficijent prolaska topline, U (W/m²K) Izračunati 0,65 Dozvoljeni 0,40

Otpor prolasku topline, R (m²K/W) 1,54

Plošna masa, m (kg) 318,00 ☐ Građevni dio ima plošnu masu manju od 100kg/m²

Ispravak koeficijenta prolaska topline, ΔU (W/m²K) 0

Toplinska otpornost negrijane prostorije na koju graniči građevni dio, R_n (W/m²K) 0,68

Građevni dio NE zadovoljava zahtjev za koeficijent prolaska topline!

Slika 26: Proračun koeficijenta prolaska topline nosivog zida prema stubištu



Naziv građevnog dijela
Zid sa susjedom

Dodaj sloj Ubaci Uredi Briši Udvostruci Okreni za 180° Iskljuci/ukljuci Kopiraj iz grad.dijela U Excel

sloj	naziv	debljina (cm)	prov. topl. - lambda (W/mK)
1	Prod. vapnena žbuka i mortovi (1700)	2,0000	0,850
2	blok opeka za nosive zidove (1000)	25,0000	0,450
3	Staklena ili kamena vuna (MW)	8,0000	0,041

35,0000

Koeficijent prolaska topline Komentar

Otpor prolasku topline i koeficijent prolaska topline prema HRN EN ISO 6946:1996

Koeficijent prolaska topline, U (W/m^2K) Izračunati **0,36** Dozvoljeni 0,60

Otpor prolasku topline, R (m^2K/W) 2,79

Plošna masa, m (kg) 292,00 ☐ Građevni dio ima plošnu masu manju od 100kg/m²

Ispravak koeficijenta prolaska topline, ΔU (W/m^2K) 0

Gradveni dio ZADOVOLJAVA zahtjev za koeficijent prolaska topline!

Slika 27: Proračun koeficijenta prolaska topline zida sa susjedom

Naziv građevnog dijela
Pod ispod grijanog prizemlja

Dodaj sloj Ubaci Uredi Briši Udvostruci Okreni za 180° Iskljuci/ukljuci Kopiraj iz grad.dijela U Excel

sloj	naziv	debljina (cm)	prov. topl. - lambda (W/mK)
1	Keramičke pločice podne	1,0000	1,280
2	Beton	4,0000	1,500
3	Bitumenske višeslojne trake i bitumenski premazi (hidroizolacija)	1,0000	0,170
4	Staklena ili kamena vuna (MW)	2,0000	0,041
5	armirani beton	16,0000	2,500
6	Prod. vapnena žbuka i mortovi (1700)	2,0000	0,850

26,0000

Koeficijent prolaska topline Kondenzacija Graf Komentar

Otpor prolasku topline i koeficijent prolaska topline prema HRN EN ISO 6946:1996

Koeficijent prolaska topline, U (W/m^2K) Izračunati **0,73** Dozvoljeni 0,40

Otpor prolasku topline, R (m^2K/W) 1,38

Plošna masa, m (kg) 553,50 ☐ Građevni dio ima plošnu masu manju od 100kg/m²

Ispravak koeficijenta prolaska topline, ΔU (W/m^2K) 0

Naziv građevnog dijela
Strop prema negrijanom potkrovlju

Dodaj sloj Ubaci Uredi Briši Udvostruci Okreni za 180° Iskljuci/ukljuci Kopiraj iz grad.dijela U Excel

sloj	naziv	debljina (cm)	prov. topl. - lambda (W/mK)
1	Vapnena žbuka i mortovi	2,0000	0,810
2	2.01 - armirani beton (2500)	16,0000	2,600
3	Staklena ili kamena vuna (MW)	5,0000	0,041
4	3.19 - cementni estrih (2000)	3,0000	1,600

26,0000

Koeficijent prolaska topline Kondenzacija Graf Komentar

Otpor prolasku topline i koeficijent prolaska topline prema HRN EN ISO 6946:1996

Koeficijent prolaska topline, U (W/m^2K) Izračunati **0,60** Dozvoljeni 0,25

Otpor prolasku topline, R (m^2K/W) 1,66

Plošna masa, m (kg) 494,50 ☐ Građevni dio ima plošnu masu manju od 100kg/m²

Ispravak koeficijenta prolaska topline, ΔU (W/m^2K) 0

Toplinska otpornost negrijane prostorije na koju graniči građevni dio, R_n (W/m^2K) 0,20

Gradveni dio NE zadovoljava zahtjev za koeficijent prolaska topline!

Slika 28: Proračun koeficijenta prolaska topline poda prema negrijanom podrumu

Slika 29: Proračun koeficijenta prolaska topline stropa prema negrijanom potkrovlju



Tablica: Transmisijski toplinski gubici kroz neprozirne plohe

oznaka	naziv	nagib orijentacija	koef.prol.topl.	površina	topl.gubici
			U (W/m ² K)	A (m ²)	AU (W/K)
Sjeverno pročelje	Vanjski zid	90, N	0,27	13,10	3,54
Istočno pročelje	Vanjski zid	90, E	0,27	19,21	5,19
Južno pročelje	Vanjski zid	90,S	0,27	13,34	3,60
Zapadno pročelje	Zid sa susjedom	90, W	0,36	27,06	9,74
Zidovi sa negrijanim stubište	Nosivi zid 25 cm	90	0,65	24,66	16,03
Zidovi sa negrijanim stubište	Pregr. zid 12 cm	90	1,13	13,09	14,79
Strop iznad negrijanog podruma	Pod prizemlja	Horiz.	0,73	46,50	33,94
Strop iznad grijanog prizemlja	Pod potkrovlja	Horiz.	0,60	46,50	27,90
Vrata prema stubištu	Drvena vrata	90	2,0	4,15	8,30
Ukupno:				207,61	123,03

Tablica: Transmisijski toplinski gubici kroz prozirne plohe

oznaka	naziv	nagib	koef.prol.topl.	površina	topl.gubici
		orijentacija	U (W/m ² K)	A (m ²)	AU (W/K)
Prozor sjever	Low E staklo , PVC okvir	90, N	1,55	2,97	4,60
Balkonska vrata sjever	Low E staklo , PVC okvir	90, N	1,55	3,72	5,77
Prozori jug	Low E staklo , PVC okvir	90, S	1,655	2,20	3,1
Ukupno:				8,89	13,78

- utjecaj toplinskih mostova uzet je u obzir povećanjem koeficijenta prolaska topline svakog građevnog dijela oplošja grijanog dijela zgrade za $\Delta U_{tm}=0,05 \text{ W/m}^2\text{K}$

Ukupni transmisijski gubici: $H_{tr} = 123,03 + 13,78 = \mathbf{136,81 \text{ W/K}}$



7.3. Proračun koeficijenta ukupnih toplinskih gubitaka zgrade

naziv	obujam grijanog zraka	broj izmjena zraka	toplinski gubici
	V (m ³)	n (h ⁻¹)	H _{ve} (W/K)
Prirodno provjetravanje	135,31	0,50	27,10
Ukupno:			27,10

Tablica: Toplinski gubici provjetravanjem

$$H = H_{tr} + H_{ve} = 136,81 + 27,10 = 163,91 \text{ (W/K)}$$

7.4. Proračun toplinskih dobitaka zgrade

Unutarnji toplinski dobitci

- unutarnji dobitci topline, Q_{int} , računaju se s vrijednosti 5W/m² površine korisne površine zgrade

$$Q_{int} = 5 * 43,30 = 216,50 \text{ W}$$

oznaka	površina A (m ²)	nagib, orijentacija	faktor naprave za zaštitu od sunč. zračenja	faktor zasjenje -nja	faktor okvira	faktor propuštanja sunčeve energije kroz ostakljenje - okomito	efektivna površina
			F _c	F _{sh}	F _f	g	A _{ef}
Prozor sjever	2,97	90, N	1,00	1,00	0,70	0,60	1,25
Balkonska vrata sjever	3,72	90, N	1,00	1,00	0,70	0,60	1,56
Prozori jug	2,20	90, S	1,00	1,00	0,70	0,60	0,92

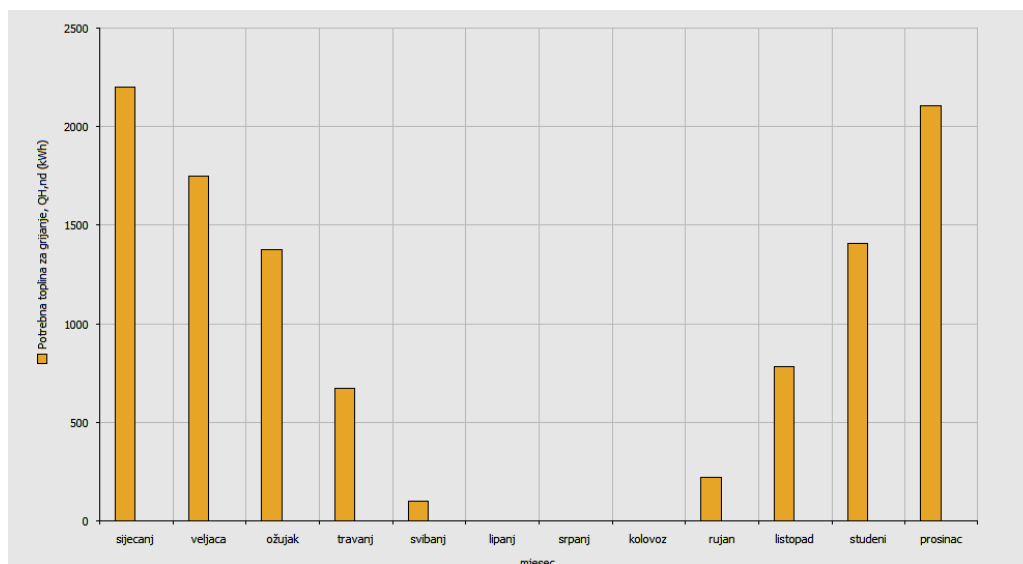
Tablica: Toplinski dobitci od sunca



7.5. Proračun potrebne topline za grijanje zgrade

mjesec	vanjska temp. (°C)	unutar-nja temp. (°C)	transm. gubici, Q_{tr} (kWh)	ventil. gubici, Q_{ve} (kWh)	ukupni gubici, (kWh)	unutarnji dobici, Q_{int} (kWh)	solarni dobici, Q_{sol} (kWh)	ukupni dobici, (kWh)	iskoristiv-ost dobika	potrebna toplotina za grijanje (kWh)
siječanj	0,2	20	2012	400	2412	161	52	213	0,99	2201
veljača	2,2	20	1634	324	1958	145	69	214	0,99	1747
ožujak	6,5	20	1372	272	1644	161	113	274	0,97	1378
travanj	12	20	787	156	943	156	137	293	0,920	674
svibanj	17,5	20	254	50	305	161	168	329	0,63	99
lipanj	20,6	20	-59	-12	-71	156	169	325	0,00	0
srpanj	22,1	20	-213	-42	-256	161	173	334	0,00	0
kolovoz	21,7	20	-173	-34	-207	161	155	316	0,00	0
rujan	16,3	20	364	72	436	156	118	274	0,79	220
listopad	11,6	20	854	169	1023	161	93	254	0,94	784
studeni	6,3	20	1347	268	1615	156	53	209	0,98	1410
prosinac	1,1	20	1921	381	2302	161	39	200	0,99	2104
										10617

Godišnja potrebna toplotina za grijanje: $Q_{H,nd} = 10617 \text{ kWh}$



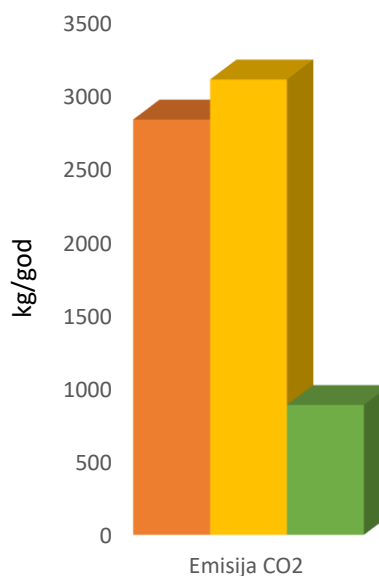
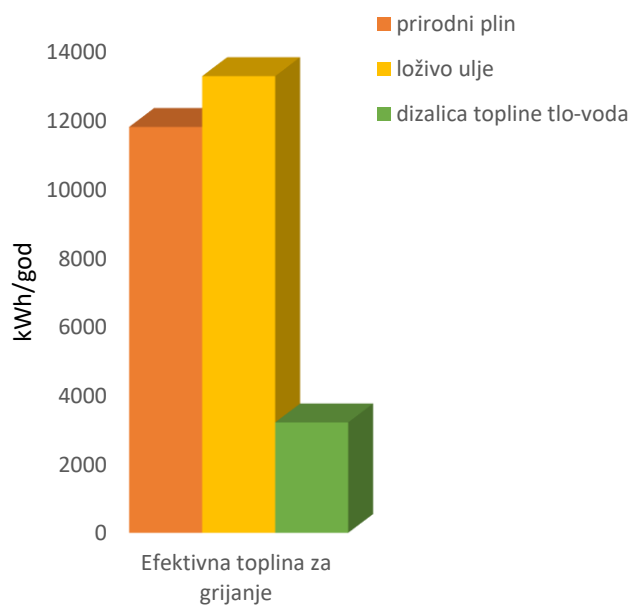
Slika 30: Graf potrebna topline za grijanje kuće po mjesecima



7.6. Energetska analiza grijanja

	Prirodni plin	Loživo ulje	Dizalica topline tlo-voda
Potrebna toplina za grijanje, kWh/god.	10617	10617	10617
Stupanj djelovanja	0,90	0,80	3,30
Efektivna toplina za grijanje, kWh/god	11796	13271	3217
Utrošak energenta	1148,6 m ³	1119,0 l	3217 kWh elektr. energije
Emisija CO ₂ , kg/god	2835,7	3108,3	890,30

Tablica: Usporedba potrošnje klasičnih energanata i dizalice topline tlo-voda



8. Primjeri projektantske realizacije u obiteljskim kućama

Projekt : Rezidencija veleposlanika Velike Britanije, Donje Prekrižje, Zagreb

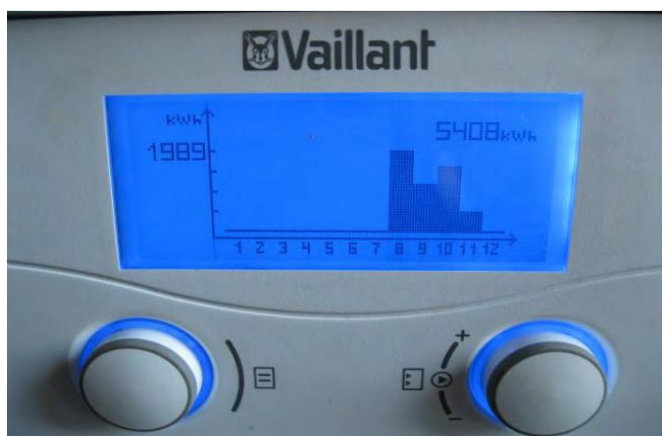
Ovaj niskoenergetski obiteljski objekt nalazi se u Zagrebu te za sustav grijanja i hlađenja koristi dizalicu topline tlo-voda. Ukupna grijana i hlađena površina stambenog objekta iznosi 550 m^2 , a grijanje i hlađenje odvija se putem sustava niskotemperaturnog podnog/zidnog/stropnog grijanja i visokotemperaturnog zidnog i stropnog hlađenja s ventilokonvektorskim odvlaživanjem zraka. Kao izvor toplinske i rashladne energije koristi se pet vertikalnih geotermalnih sondi ukopanih na 100 m dubine. Dizalica topline puštena je u pogon u rujnu 2010. godine, a njen stupanj djelovanja (COP) u prosjeku iznosi 4,57 što je čini visoko učinkovitim. U fazi grijanja dizalica preuzima 47809 kWh , a u fazi hlađenja 26040 kWh , dok je njena ukupna emisija CO_2 iznosila $5114,73 \text{ kg CO}_2$.



Slika 31: Rezidencija veleposlanika Velike Britanije, Zagreb



Slika 32: Dizalica topline tlo-voda



Slika 33: Graf potrošnje energije za hlađenje objekta

Projekt: Obiteljska kuća, Jamnica

Niskoenergetska obiteljska kuća sastoji se od glavnog (stambenog) i dva pomoćna objekta ukupne površine za grijanje/hlađenje $320 \text{ m}^2 + 130 \text{ m}^2$. Grijanje i hlađenje je predviđeno dizalicom topline tlo-voda putem sustava niskotemperaturnog podnog/zidnog/stropnog grijanja i visokotemperaturnog zidnog i stropnog hlađenja. Izvor toplinske i rashladne energije su dvije vertikalne geotermalne sonde na dubini od 100 m. Očekivani godišnji prinos ove vrlo učinkovite dizalice topline (prosječni COP je oko 4,96) kreće se od 20 000 – 22 000 kWh.



Slika 35: Obiteljska kuća u Jamnici



Slika 34: Dizalica topline tlo-voda



9. Zaključak

Dizalica topline s tlom kao toplinskim izvorom u usporedbi sa standarnim sustavima grijanja postiže značajne uštede u godišnjoj potrošnji energije te pridonosi smanjenju emisije stakleničkih plinova poput CO₂. Emisije CO₂ na području Europske unije smanjile su se za čak 19 % u razdoblju od 1990. do 2013. nakon donošenja novih regulacija i subvencija za poboljšanje energetske učinkovitosti. Kada bi došlo do veće rasprostranjenosti i popularnosti primjene ili zamjene sustava dizalica topline za potrebe grijanja i hlađenja u novim, ali i starim objektima, mogli bi smo očekivati daljnje smanjenje emisija CO₂, ostvarenje gospodarskog rasta zbog manjih troškova režija u objektima te globalno smanjenje temperature zraka što čovječanstvu danas predstavlja jedan od najvećih problema.

Broj primjena dizalica topline svakodnevno raste a tehnologija i učinkovitost uređaja napreduju. Investicije u ove sustave, čak i uz razne subvencije, mnogima danas ostaju neostvarive zbog financijskih razloga dok drugi nisu upućeni u prednosti ovih sustava. Zato je nužno ostvariti potrebnu edukaciju ljudi te početi razmišljati o napuštanju današnjih primarnih energenata na državnoj bazi.

Pojam održivog razvoja više nije dio neke idealističko-utopijske neostvarive budućnosti već nam se on eksponencionalno približava, a jedan od najboljih načina da i mi pojedinačno sudjelujemo u toj promjeni je upravo primjenom jednog ovakvog sustava.



10. Literatura

Priručnik za energetske certificiranje zgrada, Program Ujedinjenih naroda za razvoj – UNDP
(<http://www.enu.fzoeu.hr/data/prircert.pdf>)

Priručnik za energetske savjetnike, Program Ujedinjenih naroda za razvoj – UNDP
(<http://static.pvc-stolarija.hr/uploads/dokumenti/prirucniksavjetnici.pdf>)

Ž. Koški: Građevinska fizika, Osijek 2014.g

<http://www.mcsolar.hr/toplinske-pumpe.php>

http://www.eko-puls.hr/Toplinske_pumpe.aspx

http://geothermalmapping.fsb.hr/wp-content/uploads/2014/06/02_Razvoj-i-primjena-dizalica-topline- M.-Grozdek.pdf

<http://seminar.tvz.hr/materijali/materijali9/A05.pdf>

<http://www.geo-solar.hr/toplinske-pumpe/faq-toplinske-pumpe.html>

<http://www.zelenaenergija.org/clanak/financijska-usteda-u-pogonu-grijanja/376>

<https://www.hidroenerga.hr/wp-content/uploads/2015/03/DizaliceToplineSPodzemnomToplinskomSondom.pdf>

http://www.annex32.net/pdf/reports/Annex32_NO_TRA6966.pdf

<http://www.sapienzaepartners.it/progetto-botticelli/?lang=en>

http://www.irena-istra.hr/fileadmin/poddomene/IRENA/Projekti_s_dizalicama_topline_tlo-voda_u_republici_hrvatskoj_i_regiji.pdf

11. Izvori

Slika 1: Bilanca energije zgrade

(http://powerlab.fsb.hr/enerpedia/index.php?title=Slika:Bilanca_energije_zgrade.JPG)

Slika 2: Načini poboljšanja energetske učinkovitosti objekta koji su sufinancirani putem Europskih fondova

(http://www.fzoeu.hr/hr/energetska_ucinkovitost/enu_u_zgradarstvu/energetska_obnova_obiteljskih_kuca/)

Slika 3: Prikaz Carnotovog kružnog procesa

(http://www.periodni.com/gallery/carnotov_kruzni_proces.png)

Slika 4: Princip rada toplinske dizalice

(http://www.toshiba-klima.at/estia/images/funktionsprinzip_hr.png)

Slika 5: Dijagram monovalentnog načina rada dizalice topline

(<http://www.enu.fzoeu.hr/data/prircert.pdf>)

Slika 6: Dijagram bivalentno-usporednog načina rada dizalice topline

(<http://www.enu.fzoeu.hr/data/prircert.pdf>)

Slika 7: Dijagram bivalentno-alternativnog načina rada dizalice topline

(<http://www.enu.fzoeu.hr/data/prircert.pdf>)

Slika 8: Odnos dubine i temperature u tlu

(http://www.dimplex.de/fileadmin/dimplex/downloads/planungshandbuecher/en/dimplex_phb_kuehlen_gb_122008.pdf)

Slika 9: Prikaz horizontalne izvedbe izmjene topline kod dizalice zemlja-voda

(<https://www.nrcan.gc.ca/sites/oeo.nrcan.gc.ca/files/pdf/publications/infosource/pub/home/heating-heat-pump/booklet.pdf>)

Slika 10: Prikaz vertikalne izvedbe izmjene topline kod dizalice zemlja-voda

(<https://www.nrcan.gc.ca/sites/oeo.nrcan.gc.ca/files/pdf/publications/infosource/pub/home/heating-heat-pump/booklet.pdf>)

Slika 11: Shema horizontalne izvedbe izmjene topline kod dizalice zemlja-voda

(<http://www.enu.fzoeu.hr/data/prircert.pdf>)

Slika 12: Polaganje horizontalnih kolektora u tlo

(<https://sustainabilityworkshop.autodesk.com/buildings/heat-pumps>)

Slika 13: Shema vertikalne izvedbe izmjene topline kod dizalice zemlja-voda

(<http://www.enu.fzoeu.hr/data/prircert.pdf>)

Slika 14: Varijacije u temperaturi tla do 100m dubine

(<http://www.enu.fzoeu.hr/data/prircert.pdf>)

Slika 15: Vanjska jedinica toplinske dizalice zrak-voda

(<http://www.superhomes.org.uk/resources/are-heat-pumps-cost-effective/>)

Slika 16: Shema rada dizalice topline sa zrakom kao izvorom topline

(http://www.menea.hr/wp-content/uploads/2013/12/Dizalice-topline-CK_Soldo.pdf)

Slika 17: Prikaz rada dizalice topline sa podzemnom vodom kao izvorom topline

(<http://www.enu.fzoeu.hr/data/prircert.pdf>)

Slika 18: Shema rada dizalice topline sa površinskom vodom kao izvorom topline

(<http://www.enu.fzoeu.hr/data/prircert.pdf>)

Slika 19: Potapanje kolektora toplinske dizalice u jezero

(<https://sustainabilityworkshop.autodesk.com/buildings/heat-pumps>)

Slika 20: Prototip mobilne solarne dizalice DX-SAHP

<http://repozitorij.fsb.hr/7250/1/2012.005.pdf>

Slika 21: Shema rada solarne dizalice topline

(<http://www.enu.fzoeu.hr/data/prircert.pdf>)

Slika 22: Botticelli aktivna kuća, Sicilija

(<http://www.sapienzaepartners.it/progetto-botticelli/?lang=en>)

Slika 23: Sustav grijanja kuće toplinskom dizalicom zemlja-zrak

(<http://www.sapienzaepartners.it/progetto-botticelli/?lang=en>)

Slika 24: Proračun koeficijenta prolaska topline vanjskog zida (EnCert HR 2010)

Slika 25: Proračun koeficijenta prolaska topline pregradnog zida prema stubištu (EnCert HR 2010)

Slika 26: Proračun koeficijenta prolaska topline nosivog zida prema stubištu (EnCert HR 2010)

Slika 27: Proračun koeficijenta prolaska topline zida sa susjedom (EnCert HR 2010)

Slika 28: Proračun koeficijenta prolaska topline poda prema negrijanom prostoru (EnCert HR 2010)

Slika 29: Proračun koeficijenta prolaska topline stropa prema negrijanom prostoru (EnCert HR 2010)

Slika 30: Graf potrebna topline za grijanje kuće po mjesecima (EnCert 2010)

Slika 31: Rezidencija veleposlanika Velike Britanije, Zagreb

(http://www.irena-istra.hr/fileadmin/poddomene/IRENA/Projekti_s_dizalicama_topline_tlo-voda_u_republici_hrvatskoj_i_regiji.pdf)

Slika 32: Dizalica topline tlo-voda

(http://www.irena-istra.hr/fileadmin/poddomene/IRENA/Projekti_s_dizalicama_topline_tlo-voda_u_republici_hrvatskoj_i_regiji.pdf)



Slika 33: Graf potrošnje energije za hlađenje objekta

(http://www.irena-istra.hr/fileadmin/poddomene/IRENA/Projekti_s_dizalicama_topline_tlo-voda_u_republici_hrvatskoj_i_regiji.pdf)

Slika 34: Obiteljska kuća u Jamnici

(http://www.irena-istra.hr/fileadmin/poddomene/IRENA/Projekti_s_dizalicama_topline_tlo-voda_u_republici_hrvatskoj_i_regiji.pdf)

Slika 35: Dizalica topline tlo-voda

(http://www.irena-istra.hr/fileadmin/poddomene/IRENA/Projekti_s_dizalicama_topline_tlo-voda_u_republici_hrvatskoj_i_regiji.pdf)